

ANÁLISE DO IMPACTO DOS SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES NA PERSPECTIVA DO MEIO AMBIENTE

Renan Evangelista Couto

Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu
Renan.evangelista@gmail.com

Carolina Carvalho Maia Ferreira e Silva

Financiadora de Estudos e Projetos - Finep
carolinacarvalhomaia@gmail.com

Ricardo Ramos Junior

OI TNL PCS SA
ricardo.ramosjr@gmail.com

Fernando Antônio Santos Beiriz

Universidade Federal Fluminense
fbeiriz@terra.com.br

Gilson Brito Alves Lima

Universidade Federal Fluminense
glima@id.uff.br

Resumo

O artigo discorre sobre as implicações no meio ambiente dos principais sistemas de telecomunicações, a partir de resultados de estudos e pareceres empresariais, governamentais e acadêmicos já realizados neste sentido. Tais discussões buscam possibilitar o estabelecimento de um quadro referencial inicial que contribua para apresentar o que há de consenso de efetivos riscos que estes sistemas podem acarretar. Neste sentido, através de uma abordagem metodológica preponderantemente explanatória, caracteriza inicialmente o problema e, a partir de sua síntese, teorização e reflexão, identifica os principais fatores que contribuem para a ocorrência das variáveis que afetam o processo de surgimento dos impactos ambientais dos sistemas de telecomunicações. Como resultado apresenta princípios organizacionais e tecnológicos críticos a serem respeitados no contexto da mitigação do impacto ao meio ambiente causado pelos sistemas de telecomunicações.

Palavras-Chaves: sistemas de telecomunicações, impacto ambiental, tecnologia.

Abstract

The article discusses the implications for the environment of the main telecommunications systems, based on the available results of studies and technical reports of corporate, government and academic sources. These discussions seek the knowledge of a possible initial reference frame contributing to present what may be an effective consensus on the risks that these systems can cause. In this sense, employing a mainly explanatory methodological approach, it initially characterizes the problem and, from its synthesis, theorizing and reflection, identifies the main factors contributing to the occurrence of the variables that affect the process of emergence of the environmental impacts of telecommunications systems. As a result it provides critical technological and organizational principles to be respected in the context of mitigating the environmental impact caused by telecommunications systems.

Keywords: telecommunications systems, environmental impact, technology.

1 Introdução

A implantação de novas tecnologias em empresas de prestação de serviços é um fenômeno que vem ocorrendo mais intensamente, no Brasil, desde o final da década de 70. Atualmente, é necessário incorporar ao processo de trabalho as tecnologias que possibilitem a modernização da empresa, como forma de prestar um melhor atendimento ao cliente e possibilitar um sistema de informações, controle e gerenciamento que seja capaz de gerar menores custos (Gonçalves, 1994).

Ao longo da história, ocorreram várias evoluções tecnológicas que permitiram muitos avanços à humanidade, trazendo, por outro lado, riscos inerentes às novas tecnologias (Couto *et al.*, 2004). Muito dos impactos ainda estão sendo estudados e outros, já identificados são objetos de normas e leis internacionais. Tentando contornar essa situação, fabricantes e empresas, através de políticas ambientais, minimizam esses impactos e conseguem inclusive melhorar seu desempenho financeiro. Isto ocorre devido a duas características que o mercado brasileiro vem apresentando: a intensa concorrência entre determinados tipos de empresas de serviços, onde o processo de trabalho é definidor da qualidade do atendimento; e as políticas econômicas do governo que geram condições instáveis e precárias para as empresas nacionais em geral (Gonçalves, 1994).

Nesse cenário os sistemas de telecomunicações, no contexto deste artigo entendido como todo e qualquer meio ou mecanismo utilizado para atender às necessidades de comunicação da sociedade, sejam eles de infra-estrutura como torres, antenas, cabos e baterias, ou de apoio ou administração, como prédios, pessoas e a operação dos sistemas (Couto *et al.*, 2004), mesmo sendo considerados de desenvolvimento “limpo”, também contribuem com elementos nocivos ao meio ambiente.

O presente artigo tem como objetivo discutir e apresentar perspectivas sobre o impacto dos sistemas de telecomunicações no meio ambiente. A pesquisa realizada para a preparação deste artigo traz como premissa a discussão de dois objetivos específicos: (1) a apresentação das principais formas de impacto percebido dos sistemas de telecomunicações, além de exemplos de empresas que têm utilizado a gestão ambiental; (2) a apresentação de um levantamento inicial buscando definir os principais tipos de impactos das tecnologias de telecomunicações, de acordo com autores nacionais e estrangeiros. Com isto, criou-se, não apenas um quadro de referência para o levantamento teórico, como também um conjunto de expectativas com relação à investigação das perspectivas que se desejava analisar.

O artigo é dividido em três partes: numa primeira se apresenta uma visão geral dos sistemas de telecomunicações, sombreando as fronteiras entre tecnologias, provedores de serviços e aplicações do uso; numa segunda são brevemente revistos os principais marcos regulatórios e, numa terceira e última parte é apresentada a síntese, teorização e reflexão, buscando identificar os principais fatores que contribuem para a ocorrência das variáveis que afetam o processo de surgimento dos impactos ambientais dos sistemas de telecomunicações. As consequências destes fatores são apresentadas no contexto da discussão de resultados.

2 Abordagem metodológica

Considerando a problematização e o objetivo geral apresentado, a pesquisa identifica-se como explanatória, considerando que apresenta a intenção de proporcionar maior aprofundamento com o problema sob a forma de síntese, teorização e reflexão, visando identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos impactos ambientais dos sistemas de telecomunicações.

Do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa apresentada neste artigo é caracterizada ainda como qualitativa, pois é baseada na análise da qualidade das informações disponíveis ao público, e na relação lógica estabelecida entre elas. Considerando que nem sempre o método é único para um determinado estudo, pode-se informar que a presente pesquisa fez uso dos métodos indutivo e da observação.

O desenho da metodologia adotada pelos pesquisadores para fomentar as discussões necessárias busca a organização do conceito de sistemas de telecomunicações conforme ilustrado na Figura 1 a seguir, que exemplifica uma arquitetura organizacional tradicional.

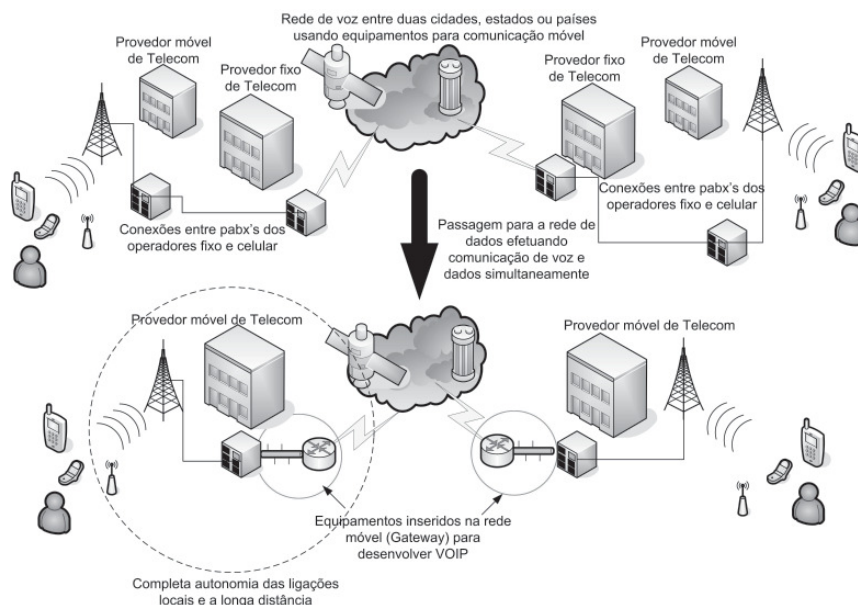


Figura 1 - Ilustração simplificada de uma arquitetura organizacional tradicional

Fonte: Arruda Filho e Dholakia (2009)

Este artigo parte da premissa de que sistemas organizados em arquiteturas tradicionais precisam estar preparados para suportar as mudanças tecnológicas nas práticas de negócios necessárias para o alcance da sustentabilidade em relação aos seus impactos sócio-econômicos-ambientais e ainda necessitam experimentar estruturas e sistemas organizacionais alternativos para atingir este objetivo, conforme discutido nos itens que se seguem.

3 Perspectivas do impacto dos sistemas de telecomunicações no meio ambiente

Segundo Gonçalves (1994), considerando a amplitude dos conceitos de novas tecnologias e inovações tecnológicas usualmente adotadas, é possível projetar o cenário da enorme abrangência de seus efeitos, tanto do ponto de vista social quanto econômico, político e ambiental na realização das atividades industriais.

Um processo de aperfeiçoamento típico é o que vem sendo trabalhado junto ao crescimento do consumo na forma de ações desenvolvidas sobre o lixo eletrônico (e-lixo). Esta atividade tem sido desenvolvida devido ao crescente consumo de equipamentos eletrônicos que podem afetar o meio ambiente, caso não seja dado um destino correto a esse tipo de bem ou material.

A perspectiva de avaliação deste impacto deve se refletir na fixação do homem pelos avanços tecnológicos, pela lei da oferta e da procura, pela competitividade capitalista, pelo

consumo elevado e o ritmo rápido da inovação tecnológica dos equipamentos eletrônicos, no contexto deste artigo discutido sobre a abordagem ambiental.

3.1 Aspectos do impacto ambiental em sistemas de telecomunicações

Couto *et al.* (2004a), discutindo sobre aspectos dos impactos ambientais nos sistemas de telecomunicações apontam que tais impactos afetam a estabilidade preexistente dos ciclos ecológicos, fragilizando-a ou fortalecendo-a. A aprovação do *National Environmental Policy Act* (NEPA) americano, em 1969, instituiu a execução da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) interdisciplinar para projetos, planos e programas e propostas legislativas de intervenção no meio ambiente. O documento que apresenta o resultado dos estudos produzidos pela AIA recebeu o nome de *Environmental Impacts Statements* (EIS) e mostrou-se um instrumento eficiente, principalmente no que se refere à participação da sociedade civil nas tomadas de decisão pelos órgãos ambientais via audiências públicas.

A partir de 1972, com a Conferência das nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, empresas, centros de pesquisa e universidades dos países desenvolvidos passaram a liderar o processo de institucionalização da AIA como instrumento de gestão ambiental, propiciando o florescimento de literatura especializada e a consequente reorientação da definição de metas e do processo decisório de políticas de desenvolvimento e intervenções econômicas, antes orientadas por parâmetros exclusivamente econômico-financeiros.

No Brasil, a implementação da AIA deu-se principalmente por exigência de organismos multilaterais de financiamento como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial (BIRD). A Lei 6.803/80 tornou obrigatória a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) inicialmente para a localização de polos petroquímicos, cloro-químicos, carbo-químicos e instalações nucleares.

Posteriormente, a Resolução CONAMA 001/86 estabeleceu a exigência de elaboração do EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de diversas atividades modificadoras do meio ambiente.

Outra importante atitude governamental em relação ao assunto foi a promulgação da Lei 6.938/81 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente. Essa política tem por objetivo a preservação, melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Em 1988, a promulgação da Constituição Federal fixou a obrigatoriedade do Poder Público exigir o Estudo Prévio de Impacto Ambiental para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente. A elaboração do EIA/RIMA deve ser feita pelo empreendedor e orientada pelo IBAMA ou pelo órgão estadual de meio ambiente. Sua elaboração deve ser feita por uma equipe multidisciplinar, que será responsável técnica pelos resultados.

Os métodos adotados na elaboração do EIA/RIMA são de livre escolha e normalmente não é utilizado nenhum método científico na condução destes estudos pela falta de referencial teórico que os oriente e do embasamento teórico-científico necessário à avaliação.

A avaliação deve levar em consideração todos os agentes econômicos em conflito para que a solução atenda o bem-estar social de todos e não somente de um pequeno grupo. Numa

abordagem orientada pela perspectiva econômica, distinguem-se três valores que compõem o valor do ambiente (Couto *et al.*, *op. cit.*):

$$\text{Valor total do ambiente} = \text{valor de uso} + \text{valor de opção} + \text{valor de existência}$$

O primeiro deriva do uso atual dos bens e serviços ambientais. Como exemplo nos sistemas de telecomunicações pode-se apresentar o caso da instalação de uma repetidora no alto de uma montanha coberta com vegetação de Mata Atlântica. Esse fator poderia ser a utilização da área pela comunidade local, ou por ecoturistas em busca de aventuras ou pelo simples ato de apreciar os pássaros. Essa utilização do local representa um valor para esses indivíduos que seria quanto eles estariam dispostos a pagar por esses serviços de utilização do alto da montanha.

A segunda variável, “valor de opção”, seria o valor que, no exemplo da repetidora, os usuários da área estariam dispostos a pagar para garantir-lhes que, no futuro, o lugar estaria à disposição deles e de seus dependentes. Nessa situação enquadram-se também aqueles indivíduos que não utilizam a área, mas que poderão utilizá-la, opcionalmente. Neste ponto, a incerteza quanto aos impactos ambientais eleva a incerteza, justificando então a ampliação e aprofundamento dos estudos e conhecimento do impacto desse projeto.

O terceiro e último fator considera a simples e pura existência de um serviço natural, como por exemplo, uma espécie animal ou vegetal, sem a necessidade dos indivíduos utilizarem-na no presente ou no futuro.

Por outra lógica, os critérios para instalação de uma repetidora não devem ser, exclusivamente técnicos e econômicos. Além desses critérios econômicos, uma característica própria dos ecossistemas a ser observada é a distribuição aleatória e/ou agrupada das espécies que compõem a vegetação. Muito facilmente são encontradas espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção em áreas extremamente reduzidas. Como um exemplo no contexto nacional, temos a bromélia *Tillandsia Reclinata*, cuja área natural de ocorrência é o topo de uma única montanha na Serra dos Órgãos (Couto *et al.*, 2004a).

Ainda na avaliação de um projeto, muitas vezes o mesmo é considerado inviável pela simples análise dos valores vigentes no mercado de um bem que deixaria de ser produzido. Aproveitando o exemplo da repetidora, supondo que no local de sua instalação exista a nascente de um rio que suporte, alguns quilômetros abaixo, a existência de uma intensa produção pesqueira, o valor estimado dessa produção pode inviabilizar a construção da repetidora.

Entre outras técnicas utilizadas na avaliação, destacam-se as técnicas de mercado de recorrência e a de mercados hipotéticos:

- A primeira faz uso do mercado de imóveis ou de turismo, por exemplo, para estimar valores de certas áreas. Mas esta técnica só permite uma aproximação do valor de uso.
- As técnicas de mercado hipotético têm sido amplamente utilizadas em estudos ambientais. Utilizam principalmente questionários onde os respondentes atribuem valores às mudanças na oferta ou na qualidade de certo bem ou serviço material. Basicamente, o respondente informa quanto estaria disposto a pagar pela preservação de uma área ou então, quanto gostaria de ser recompensado pela perda da qualidade ambiental.

Nesta última técnica, porém, muitos erros ou incoerências podem surgir, visto que a imprecisão dos instrumentos de coleta ou a simples desinformação dos respondentes também

podem influenciar os resultados. No caso da área onde seria instalada a repetidora, moradores da redondeza e os habituais visitantes deveriam ser objeto de consulta. Essa técnica também não garantiria que todos os valores da área estudada seriam mensurados.

Numa abordagem mais centrada na discussão dos impactos ambientais negativos nos principais sistemas de telecomunicações, Couto *et al.* (2004a) destacam os seguintes elementos: a) satélites, b) cabos, c) infra-estrutura e, d) ERB.

a) Satélites

A utilização de enlaces de rádio via satélite é uma constante. As aplicações são as mais diversas possíveis e a demanda faz com que os mesmos sejam lançados e operados por diversas organizações em diversos países.

Alguns impactos negativos que os satélites provocam no meio ambiente começam muito antes dos satélites entrarem em operação. No lançamento de um satélite ocorre a queima de milhares de litros de combustíveis do foguete, isso sem considerar a área de lançamento, normalmente um grande e seco descampado. Já em operação, percebemos a poluição do espaço pela simples presença do satélite, provocando um quase congestionamento espacial.

Em longo prazo, os principais impactos são os lixos/resíduos espaciais, pedaços desprendidos e satélites fora de operação deixados “vagando” na órbita da Terra por muitos anos. Atualmente existem milhares de fragmentos orbitando ao redor da Terra em grandes velocidades, ameaçando chocar-se com satélites, aeronaves e, mesmo, prejudicando o processo científico da observação espacial.

Tudo começou a quarenta e seis anos atrás, com o lançamento do satélite soviético Sputnik, em 1957. Desde então, cerca de 18 mil objetos feitos pelo homem foram colocados em órbita.

Estima-se que atualmente existam cerca de 10 mil objetos de grande e médio porte ao redor do planeta, além 40 mil fragmentos, incluindo estágios completos de foguetes, satélites desativados, tanques de combustível e fragmentos de aparelhos que explodiram em acidentes ou foram destruídos pela ação das armas antissatélites. A quantidade desses detritos deverá se multiplicar nos próximos vinte anos.

Os maiores perigos são os satélites e detritos que retornam à Terra. A média de objetos espaciais que reentram em nossa atmosfera é da ordem de 33 a 35 por mês. Estima-se que todos os objetos lançados em órbita ao redor da Terra estarão, um dia, retornando à superfície do planeta. Muitos deles levarão centenas, milhares ou milhões de anos para cair. A principal preocupação é em relação à queda de satélites, uma vez que estes contêm substâncias radioativas. Atualmente discute-se a ideia da construção de um cemitério espacial, onde satélites fora de operação seriam destruídos por laser ou então forçados a entrar na atmosfera terrestre, sendo destruídos ao incendiarem-se.

b) Cabos

Antes do desenvolvimento dos sistemas rádio, as ligações dos sistemas de telecomunicações eram feitas basicamente por cabos (Couto *et al.*, 2004a). Inicialmente, cabos de cobre revestidos com os mais diversos tipos de materiais, incluindo alguns metais como chumbo e alumínio e estruturas plásticas derivadas de petróleo interligavam centrais telefônicas e chegavam até o usuário final.

Atualmente, com o advento da fibra ótica, os cabos metálicos estão sendo substituídos e são basicamente utilizados nos percursos da rede secundária e até o usuário final, a chamada última milha (*last-mile*). As centrais telefônicas e armários de distribuição passaram a utilizar as características benéficas das fibras óticas, dentre as quais, a relação diâmetro/peso por tamanho de banda, onde os cabos mais finos e leves conseguem transportar mais informação com baixas perdas, suportando maiores distâncias, além de característica de melhoria da eficiência como imunidade a interferências eletromagnéticas, flexibilidade e isolamento elétrico.

Os cabos óticos, pelas suas características técnicas e comerciais, também passaram a ser amplamente usados em ligações de longa distância, interligando cidades, estados, países e continentes. Em seus processos de fabricação, embora sempre em evolução, continuam impactando o meio ambiente já que a constituição física de um cabo (capa, revestimento, casca) utiliza muitos compostos químicos e derivados de petróleo (polímeros) como o polietileno.

Embora com seus menores diâmetros e peso, a utilização da fibra ótica causa diversos impactos sobre o meio ambiente. Numa análise do aproveitamento da construção de uma rodovia para passagem subterrânea de fibra ótica e, excluindo os impactos causados pela construção da rodovia em si, pode-se salientar os seguintes impactos do cabeamento ótico (Couto *et al.*, 2004a):

- Desmatamento: considerando que o simples fato da construção da rodovia afetaria a vegetação, muitas vezes, a passagem da fibra utiliza partes laterais ao acostamento, aumentando a área de impacto;
- Erosão: seja qual for o processo de cabeamento, alguma erosão estará acontecendo. Métodos mais modernos como o soprimento, minimizam esse impacto, mas mesmo assim provocam a sedimentação do local que sofrerá a intervenção;
- Alteração/Extinção de habitat: deve ser efetuado um estudo minucioso do solo ao longo de toda a extensão da rodovia, pois a simples existência de “um corpo estranho” invadindo o solo pode interromper movimentações como, por exemplo, de colônias de pequenos insetos;
- Alteração de fluxos de água subterrânea: a colocação da fibra, juntamente com seus eletrodutos, suportes, bases, caixas de passagem e outros mecanismos podem alterar os processos naturais de drenagem de águas pluviais;
- Contaminação da biota por resíduos deixados no local: no processo de instalação, resíduos perigosos podem ser deixados pelas áreas acerca do caminho principal da fibra, pelo simples pressuposto de que por mais que se limpe todo o excesso de resíduos produzidos, não se conseguirá recolher a totalidade de limalhas e restos de eletrodutos galvanizados ou mesmo de PVC;

Da mesma forma, cabos submarinos são amplamente utilizados e, por mais que não estejam visualmente ao alcance, produzem seus impactos no mundo sub-aquático. Os principais salientados pelos especialistas (Couto *et al.*, 2004a) são:

- Perigo eminente de um acidente envolvendo oleodutos e gasodutos também submersos;
- Quantidade de cabos óticos instalada, já que cerca de 65% da comunicação internacional é pr esse meio. Devido à sua importância, há pelo menos mais um caminho redundante por segurança e conseqüentemente, mais quilômetros de fibras instalados;
- Possibilidade de enroscamento com redes de pesca;

- “Objetos estranhos” utilizados na proteção dos cabos causam um duro impacto já que os métodos utilizados são o de enterrá-los ou receberem proteção adicional;

Outro impacto ambiental, caracterizado como indireto, observado em sistemas de telecomunicações é o compartilhamento que fibras óticas utilizam nas linhas de transmissão elétrica, como por exemplo, nos cabos OPGW. Os impactos provocados pela instalação de torres de alta tensão são maiores que a passagem de uma fibra por uma rodovia, por exemplo. Além do desmatamento provocado pela faixa de servidão (faixas, de uso restritivo, situadas abaixo das LT), existem outros impactos das linhas de transmissão:

- Impactos devidos ao campo elétrico de energização da linha, nas imediações da faixa de servidão. Seu principal efeito está ligado à indução de cargas elétricas sobre pessoas ou objetos situados nesta área. O gradiente de potencial em torno dos condutores é responsável por descargas parciais em torno dos mesmos em presença de gotículas de água ou partículas de terra ou poeira. Este fenômeno é denominado “efeito corona” e é responsável pela emissão de ruído contínuo e pela produção de gases.

- Quanto aos efeitos diretos do campo elétrico sobre as pessoas e animais não existe ainda consenso, embora existam várias pesquisas sobre o assunto e até mesmo o estabelecimento de normas de exposição de seres humanos aos campos elétricos formados nas proximidades das linhas de transmissão.

Quanto aos impactos indiretos do desmatamento sobre as áreas de matas, o maior é o chamado efeito de borda. Este efeito consiste em uma ampliação dos danos provocados às áreas para dentro dos limites das manchas de matas remanescentes (adjacentes) levando, em certos casos, ao comprometimento de unidades mínimas viáveis de conservação. Este efeito se traduz em uma série de pequenos efeitos que, conjugados, modificam os ecossistemas atingidos. A área de clareira fica exposta a uma maior incidência de raios solares, que penetrarão no sistema ecológico com maior ou menor grau, variando em função de características da mata, como sua altura e densidade. Como consequência principal, podem-se citar as alterações microclimáticas do ecossistema, que podem exercer um efeito cascata sobre a constituição da fauna e flora.

Além desses impactos em áreas comumente não habitadas nas regiões urbanizadas o cabeamento provoca muitas vezes um impacto visual negativo e/ou uso inadequado do espaço urbano e subsolo, trazendo desorganização e uma aparência desagradável e muitas vezes perigosa aos técnicos, habitantes e passantes.

Dessa maneira e, com o visível aumento pela demanda de serviços de telecomunicações, cada vez mais se faz necessária a integração dos sistemas de telecomunicações entre diferentes operadoras e com outros serviços urbanos como redes de energia elétrica, abastecimento de água, saneamento, gás canalizado, transportes e com os órgãos de urbanismo das prefeituras. Essa integração é bastante desejável não somente pela racionalização do espaço urbano, como também pela minimização dos transtornos causados à população (abertura de valas, interrupções no trânsito, etc).

c) Infraestrutura

Além dos impactos característicos das transmissões e operações dos sistemas de telecomunicações, ainda são observados os impactos causados pela infraestrutura geral, dentre os quais o despejamento de esgoto e o desmatamento na calota rádio de uma estação repetidora, os bancos de baterias a base de chumbo utilizado na alimentação de centrais telefônicas e estações rádio. Sobre o chumbo, sua periculosidade está em ser um metal pesado e muito tóxico

para os seres humanos e a maioria dos animais. A exposição ao chumbo pode interferir na atividade do sistema nervoso e na formação das células vermelhas do sangue (hemácias), inibindo, desta maneira, a transferência do oxigênio ao organismo.

O impacto mais presenciado em sistemas de telecomunicações é em relação ao consumo de energia elétrica. E esse consumo é incrementado principalmente pelos aparelhos de ar condicionado. Sejam em centrais telefônicas, centros de dados ou ERBs, os sistemas de condicionamento de ar são os principais responsáveis pelo consumo de energia, representando até 50% da demanda.

De extrema importância para o funcionamento adequado de aparelhos, esse sistema geralmente não é usado de forma correta. Frequentemente, verificam-se distorções como o de salas de um mesmo prédio que têm equipamentos distintos, climatizadas com a mesma temperatura e umidade, embora o correto seja adaptar a climatização às características das máquinas. Há casos em que essa mudança não é possível, pois os dutos de refrigeração são comuns para diversas áreas. Ocorrem extremos do mesmo duto atender a uma área de conforto, como um *call center* e, simultaneamente, uma outra de equipamentos - sala de comutação de voz/dados. Enquanto a primeira exige desumidificação contínua do ar, a outra necessita de retirada pura e simples de calor.

Para a correção deste tipo de distorção é necessária a separação dos dutos de ar, envolvendo muitas vezes obras civis. Uma opção mais radical é a substituição do ar condicionado convencional por sistemas próprios para a retirada de calor de equipamentos. Atualmente, existem sistemas de climatização desenvolvidos para ambientes onde há apenas equipamentos como centrais telefônicas, roteadores, servidores de internet e outros. Tais sistemas têm reservatórios próprios de água gelada, o que lhes garante independência de funcionamento em caso de falhas da rede elétrica, com autonomia de até 10 horas. Também geram economia de cerca de 40% em relação aos equipamentos tradicionais. A redução de consumo pode atingir 56% no custo da energia elétrica.

Outro impacto encontrado nos sistemas de telecomunicações pode ser observado em seus sistemas de alimentação. Na maioria dos casos utiliza-se o conceito de “grupo motor gerador” – GMG, a base de óleo diesel, que produz intensos ruídos, sendo necessário um tratamento acústico, além de produzir CO₂. Por questões técnicas e históricas como localização da estação, escassez e alto preço dos combustíveis, o óleo diesel é, em geral, armazenado em tanques enterrados, com capacidade para 30 dias, com riscos de vazamentos.

Ainda nos sistemas de alimentação, a utilização de bancos de baterias é uma prática comum. Existe a opção das baterias alcalinas, mais caras e das baterias ácidas. As baterias ácidas produzem gases, principalmente o Hidrogênio, inodoro, incolor e altamente explosivo. Mais pesado que o ar, o Hidrogênio deve ser retirado das salas de baterias por um eficiente sistema de exaustão, realizado ao nível do topo das baterias.

d) Equipamentos

Uma das maiores preocupações atualmente das empresas é quanto ao destino dos equipamentos eletro-eletrônicos de telecomunicações após o término de seu ciclo de vida, que representa grande parcela do e-lixo atual. O ciclo de vida de um produto é dividido em:

- Processo de realização;
- Processo de utilização;
- Processo de descarte.

O tempo de uso de um produto depende das necessidades do cliente, sendo influenciado por fatores sociais, econômicos e tecnológicos. O ciclo de vida de um produto deve ter processos de realização e descarte casados, isto é, existe a ideia da reutilização, reciclagem ou reaproveitamento do produto. Diversos componentes, acessórios e práticas devem ser observados para uma produção ecologicamente correta.

Após o processo de produção, devem-se considerar as etapas de empacotamento/embalagem e transporte desses equipamentos. Muitas vezes os responsáveis pelo transporte e suas políticas ambientais não são claramente definidas, assim como os fornecedores dos materiais para o empacotamento.

Atualmente, a maneira mais empregada na redução de custos e prolongamento do tempo de vida útil de um equipamento é a utilização de softwares. Em média, o tempo de vida útil dos equipamentos de telecomunicações é menor que 10 anos.

Após a utilização do produto/equipamento chega a hora do seu destino. Alguns países já possuem legislação tornando o fabricante responsável pelo processo de destino do “e-lixo”. O que fazer com a “sucata” é um processo complicado. A reutilização ocorre nos níveis de produtos, peças e componentes. O problema do ciclo de vida de um produto é extremamente complexo e objeto de estudos específicos.

e) ERB

O sistema de telefonia celular se tornou mais do que uma tecnologia de comunicação inovadora, ela revolucionou os hábitos pessoais e rotinas profissionais de milhões de pessoas ao redor do mundo. O conceito da planta celular baseou-se em maior número de estações transmissoras/receptoras, possibilitando às estações móveis tornarem-se menores e menos potentes. Com isso, os volumosos receptores foram transformados em pequenos transceptores que cabem na palma da mão.

A transmissão se dá por meio de ondas de rádio, em faixas de frequência preestabelecidas. Como qualquer onda de rádio, o sinal de um celular é uma onda eletromagnética propagando-se pelo espaço. No caso dos celulares, as frequências utilizadas geram ondas de pequeno comprimento (da ordem de 30 cm ou menos). Abaixo de um metro de comprimento, as ondas eletromagnéticas já são consideradas micro-ondas, e a irradiação dessas ondas de alta frequência são objeto de diversos estudos ao redor do mundo.

A norma de 1991 do *Institute of Electrical and Electronic Engineering* (IEEE), a C95.1, estabelece os limiares de segurança para a irradiação dos celulares. Contudo, as pesquisas sobre o assunto vêm crescendo e colocam as ondas eletromagnéticas em questionamento. Uma das mais completas referências atuais sobre o assunto é o *International EMF Project*, um projeto de pesquisa estabelecido pela Organização Mundial da Saúde – OMS, para avaliar as evidências científicas existentes sobre possíveis efeitos de campos eletromagnéticos à saúde, incluindo os emitidos por celulares e suas ERBs.

Poucas pesquisas levam em conta o tipo de sinal pulsado (modulado) e situações de exposição observadas em usuários de celulares. Um recente estudo realizado por um grupo britânico (conhecido por “relatório Stewart”) reafirmou não haver comprovação científica que micro-ondas celulares causem problemas à saúde humana. Contudo, o mesmo relatório não descartou a hipótese e fez uma série de recomendações quanto ao uso de celulares e instalações de rádio base (como evitar as mesmas perto de escolas e creches), dentro do princípio universalmente estabelecido denominado “princípio da precaução”.

No caso específico do Brasil, a ANATEL colocou uma consulta pública em 2001, para estabelecimento de uma primeira proposta de regulamento de exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência (RF). A proposta baseou-se em diretrizes de segurança da *International Commission on NON-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) adotada na Europa. Atualmente, de uma forma geral a maioria das restrições impostas, em nível de restrições de marcos regulatórios municipais, baseia-se em padrões urbanísticos, e não em restrições técnicas.

4 Análise e Discussão dos Resultados

São crescentes a pressão, a atenção e os esforços no contexto dos avanços tecnológicos, empresariais e de pesquisa em torno da temática do impacto dos sistemas de telecomunicações sobre o meio ambiente em vários aspectos, no ensejo de garantir o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, proteção ambiental e desenvolvimento social.

A *National Science Foundation* apresenta como um dos desafios visionários, para a manufatura em 2020, de empresas que produzem bens de consumo eletrônicos (aqui incluídos os sistemas de telecomunicações), a redução da produção de lixo eletrônico e manutenção do impacto ambiental próximo de zero. Em adição, a legislação é também responsável por forçar os produtores a implantar responsabilidade estendida sobre os produtos e adotar a análise ambiental dos seus processos, produtos e serviços, ou seja, providenciar um sistema de coleta dos produtos pós-vida útil, tratamento e estratégias de fim de vida.

Mediante a prática de desenvolvimento colaborativo de estudos do ciclo de vida, é possível desenvolver soluções de projeto de produto sustentáveis, menos agressivas ao ambiente e que contribuam para a exploração de *eco-design* no desenvolvimento de novas gerações de produtos.

Os fabricantes, fornecedores e demais parceiros, dentre os quais as empresas responsáveis pela coleta e desmontagem do produto, devem trocar todo tipo de informação sobre o projeto do produto, os conjuntos e componentes.

Ribeiro (2011) apresenta uma série de melhores práticas de *eco-design* e métodos para sustentabilidade (*sustainability guidelines*) que se referem a componentes desenvolvidos para serem desmaterializados. Uma grande premissa no desenvolvimento de novos produtos, mais especificamente na seleção de materiais, é evitar materiais que não podem ser separados para reciclagem. As *sustainability guidelines* poderão ser definidas como métricas na avaliação do desempenho ambiental do desenvolvimento de produtos, ou seja, a presença de práticas e métodos das listas a seguir pode sugerir redução no impacto ambiental desse novo produto.

Constituem práticas de *eco-design*, segundo Michelini e Razzoli (2003 *apud* Ribeiro, 2011):

- a) Utilizar material reciclado, de menor intensidade energética e renovável;
- b) Selecionar ciclos de recuperação energética e redução de uso de materiais;
- c) Dar preferência ao reuso de embalagens e materiais de logística fechada;
- d) Projetar produtos para uso otimizado (maior eficiência), para vida útil mais longa, pouca manutenção e baixo consumo de energia e
- e) Projetar sistema para preservação de qualidade do produto, desmontagem e reutilização de material.

Alguns métodos para sustentabilidade são:

- a) Limitar a variabilidade de material ou utilizar materiais compatíveis;
- b) Desenvolver projetos de produto para agrupamentos de materiais poluentes e perigosos;
- c) Garantir acessibilidade a mecanismos;
- d) Pré-selecionar facilidade de manuseio e
- e) Normalizar componentes, sistemas e subsistemas.

Mont (*apud* Ribeiro, 2011), destaca que serviços ecoeficientes não são necessariamente melhores do que produtos clássicos, do ponto de vista do desempenho ambiental. Os impactos ambientais desses serviços dependem de uma larga avaliação sobre os hábitos dos consumidores, o que implica a possibilidade de desenvolver serviços com impacto ambiental menor do que modelos tradicionais, sobretudo se aplicarem as considerações ambientais como parâmetros no projeto do produto.

Independentemente do tipo de tecnologia utilizada nos sistemas de telecomunicações, é imprescindível, tanto para os fabricantes quanto para provedores de serviços e sistemas produtos-serviços, um maior grau de responsabilidade sobre todo o ciclo de vida do produto.

Há uma clara lacuna dos métodos que combinam avaliações econômicas e ecológicas. O maior problema com a análise do impacto dos sistemas de telecomunicações sobre o meio ambiente é a generalização dos resultados, derivada das incertezas que ainda pairam sobre o real entendimento de todo o processo de discussão. Neste contexto, Ribeiro (2011) sustenta uma análise cruzada de duas variáveis: motivadores (externos e internos) e barreiras (externas e internas), cuja adaptação da síntese é apresentada nos Quadros 1 e 2 a seguir:

Motivadores externos	Motivadores internos
▪ condições do mercado; ▪ legislação ambiental; ▪ pressões competitivas; ▪ novas possibilidades de crescimento; ▪ oportunidades de negócio fora do mercado tradicional; e ▪ demanda dos consumidores para diversos serviços.	▪ oportunidades de negócio baseadas em receitas extras; ▪ redução dos custos associados como provisionamento das funções; ▪ estrutura clara de custos; ▪ fonte secundária de matéria-prima; ▪ melhoria de desempenho ambiental; ▪ redução de riscos e responsabilidades; ▪ desenvolvimento de competências em vez a manutenção de ativos físicos.

Quadro 1 – Síntese da abordagem dos motivadores externos vs internos
Fonte: adaptado de Gonçalves (1994) e Ribeiro (2011)

Com base nas informações descritas e nos autores citados podem-se listar as barreiras (externas e internas) encontradas na literatura, conforme resumidas no quadro a seguir:

Barreiras externas	Barreiras internas
▪ conflito de interesses (posicionamento dos consumidores frente ao consumo sem propriedade sobre o produto); ▪ mudanças organizacionais (substituição de recursos) devido entrada de um provedor de serviços);	▪ competência corporativa; ▪ mudanças na cadeia de valor; ▪ relutância em internalizar custos; ▪ incertezas sobre o fluxo de caixa; ▪ superdiversificação (falta de foco); ▪ competição interna (recursos, tempo de desenvolvimento de produtos e serviços);

▪ riscos assumidos pelos fabricantes; ▪ baixo interesse do negócio pelo consumidor; ▪ falta de conhecimento quanto aos custos de propriedade sobre o ciclo de vida do produto; ▪ relativo alto preço dos serviços frente ao baixo custo de matéria-prima.	▪ dificuldades no estabelecimento das metas ambientais; ▪ resistência a mudanças organizacionais.
--	--

Quadro 2 – Síntese da abordagem das barreiras externas vs internos

Fonte: adaptado de Gonçalves (1994) e Ribeiro (2011)

A partir da análise dos elementos que compõem os fatores observados na comparação motivadores / barreiras verifica-se que é imprescindível o desenvolvimento de práticas para o desenvolvimento economicamente e socialmente correto e voltado a minimização dos impactos ambientais, onde a busca pela padronização de processos, redução ou troca por equipamentos ambientalmente amigáveis, ou seja, ligados aos desenvolvimentos tecnológicos e voltados para os benefícios organizacionais e sociais, será essencial para equilibrar o elevado número de informações e serviços demandados.

Além das fundamentações praticadas nas suas características tradicionais, observa-se uma necessária orientação de ações que demonstrem uma latente consideração para as questões ecológicas de racionalização de energia, de insumos, de gestão do lixo eletrônico, e “virtualização” de equipamentos, qual seja a necessidade de desenvolvimento de práticas voltadas para a solidariedade de todos os intervenientes enquanto responsáveis na redução dos efeitos negativos gerados pelas tecnologias e no seu uso e disposição.

Dessa maneira, considerar os aspectos ambientais no projeto das novas tecnologias (*eco-design*) é fundamental para a mitigação dos impactos ambientais, gerando modelos de estruturas dos sistemas de telecomunicações pautados nos conceitos de ciclo de vida de produtos, processos e serviços.

5 Considerações Finais

Além de presente em todas as formas de organização, a tecnologia é também uma potente força. Ela pode estender as capacitações humanas. A revolução industrial utilizou tecnologia para estender a capacidade física de o homem realizar trabalho (Gonçalves, 1994). Como observa Coodman (*apud* Gonçalves, *op. cit.*) a tecnologia é dinâmica e evolui rapidamente. Individual e coletivamente, tecnologias tiveram um profundo impacto na vida social e cultural dos seres humanos por todo o mundo. O seu desenvolvimento está longe de terminar e, no ritmo atual, deve durar pelos próximos séculos. O rápido desenvolvimento das novas formas de tecnologia dificulta identificar como as novas formas de organização parecerão no futuro.

Novas tecnologias vão sempre provocar mudanças no meio ambiente e é difícil imaginar alguma inovação tecnológica que possa ser introduzida na sociedade econômica ou industrial sem provocar algum efeito.

A evolução da tecnologia de telecomunicações gerou muitos avanços positivos para a humanidade nos aspectos referentes ao conforto e ao bem-estar que as telecomunicações proporcionam as pessoas. A internet proporciona conforto, rapidez, liberdade (*wireless*), redução de custos e interligação em massa. As redes corporativas proporcionam melhor e mais segura interligação. A telefonia fixa proporciona a seus usuários maiores avanços em qualidade e melhor interligação entre diferentes países e regiões remotas. A telefonia móvel possibilita

interligação em massa e conforto. E a televisão oportuniza a transmissão de notícias em tempo real e com ótima qualidade de áudio e vídeo.

O objetivo dos sistemas de telecomunicações é justamente propiciar conforto, bem-estar e rapidez. Com o avanço da ciência das telecomunicações, as tecnologias utilizadas são cada vez mais avançadas, logo mais eficientes e rápidas. Assim os sistemas de telecomunicações não se encontram apenas no centro da reestruturação industrial que se opera hoje a nível mundial, como um setor chave, ao lado de outros, mas são elementos centrais na definição do conjunto do padrão de desenvolvimento e do modo de regulação do capitalismo.

Em suma, partindo da premissa que a aquisição de certo grau de independência tecnológica é um fator importante na assimilação de qualquer tecnologia de ponta pela estrutura cultural de uma sociedade, cumpre perceber que se torna imprescindível uma estratégia de inovação para aquisição de independência tecnológica baseada nos conceitos do *design for environment* (termo usualmente utilizado para caracterizar os projetos ambientalmente amigáveis) equilibrada numa mistura harmoniosa de capacidade tecnológica e análise de ciclo de vida, que venha contribuir com a mitigação dos impactos dos sistemas de telecomunicações sobre o meio ambiente.

Referências

ABNT - Sistemas de Gestão Ambiental: Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio – Associação Brasileira de **Normas Técnicas**. NBR ISO 14004:2004, SP, 2004.

ABRADECEL - Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranquilos com Equipamentos de Telecomunicações Celulares. disponível em <https://twitter.com/ABRADECEL/status> (acesso em 11 de janeiro de 2011).

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. “Diretrizes para limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo (até 300 GHz)”. disponível em: <http://www.anatel.gov.br> (acesso em 12 de janeiro de 2011).

Arruda Filho, E. J. M., Dholakia, R. R. “Uso de Convergência Tecnológica sem Regulamentação Apropriada: VOIP e Competitividade”. *in*: Ci. Inf., Brasília, 2009.

Couto, R. E., Ferreira e Silva, C. C. M., Ramos Junior, R. “Impacto dos Sistemas de Telecomunicações no Meio Ambiente”. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Telecomunicações. UFF, 2002, RJ.

Couto, R. E., Ferreira e Silva, C. C. M., Ramos Junior, R., Beiriz, F. A. S. e Lima, G. B. A. “Impacto dos sistemas de telecomunicações sobre o meio ambiente”. Caderno de Estudos e Pesquisas: Meio Ambiente, páginas 91 a 103, São Gonçalo, RJ, Fev. 2004(a).

Couto, R., E., Ferreira e Silva, C. C. M., Ramos Junior, R., Beiriz, F. A. S. e Lima, G. B. A. “Impacto dos sistemas de telecomunicações no meio ambiente”. II Congresso Nacional de Excelência em Gestão (UFF, CTC, LATEC, MSG), em CD-ROM (../CNEG/fscommand/149.pdf), 2004(b).

Couto, R. E., Ferreira e Silva, C. C. M., Ramos Junior, R. e Beiriz, F. A. S. “Sistemas de telecomunicações e a sustentabilidade”. Revista Internacional do Conhecimento, ano 2, núm. 3,

disponível em: <http://revistainternacionaldoconhecimento.wordpress.com> (acesso em 14 de Janeiro de 2011).

Dias, M. H. C., Siqueira, G. L. “Considerações Sobre os Efeitos à Saúde Humana da Irradiação Emitida por Antenas de Estações Rádio – Base de Sistemas Celulares”. *in*: Revista Científica Periódica de telecomunicações - INATEL, vol. 5, 2002.

Gonçalves, J. E. L. “Os Impactos das Novas Tecnologias nas Empresas Prestadoras de serviços”. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 1994.

Macedo, R. K. A “A Importância da avaliação ambiental”. *in*: Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar. 2. ed. São Paulo: UNESP, 1995.

Machado, L. M. C. P. “Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos”. Sorocaba, SP, 1997.

Mendonça, R. “Como cuidar do seu meio ambiente”. Coleção Entenda e Aprenda, 1 ed, cap 7. São Paulo, 2002.

Morais, J. F. “Impactos Ambientais Provenientes das Novas Tecnologias de Telecomunicações”. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2009.

Nakashima, D. T., Carvalho, M. M. “Identificação de Riscos em Projetos de TI”. *in*: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 2004.

Oliveira, R. R., Zaú, A. S. “Impactos da instalação de linhas de transmissão sobre ecossistemas florestais”. Revista Floresta e Ambiente. v. 5, 1998.

Pereira, G. R. B. “TI Verde: O caso de uma Indústria de Computadores do RN”. CONNEXIO - Revista Científica da Escola de Gestão de Negócios da Universidade Potiguar, ano 1, n. 1, RN, 2011.

Ribeiro, V. C. “Aplicação do Conceito Sistema Produto-Serviço (PSS) no Desenvolvimento Integrado de Produto”. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.